

CH 657 867 A5



SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(2) **CH 657 867 A5**

⑪ Int. Cl. 4: C 10 M 175/02

Erfahrungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**⑫ PATENTSCHRIFT A5**

⑬ Gesuchsnummer: 5122/83

⑬ Inhaber:  
Buss AG, Basel, Basel

⑭ Anmeldungsdatum: 21.09.1983

⑭ Erfinder:  
Hauri, Felix Walter, Zufikon

⑮ Patent erteilt: 30.09.1986

⑯ Vertreter:  
Patentanwälte Schaad, Balass, Sandmeier, Alder,  
Zürich

⑰ Verfahren zur Wiederaufbereitung von Altöl und Destillations-Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

⑱ Das Altöl wird nach Entfernen von Wasser und flüchtigen Bestandteilen einer Alkalibehandlung unterworfen und, gegebenenfalls nach Abtrennung einer Gasölfraction, destilliert. Bei dieser Destillation wird in einem Schritt reines Öl aus Destillat von einer die Verunreinigungen enthaltenden Teerfraktion abgetrennt.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Wiederaufbereitung von Altöl durch Alkalibehandlung, Entfernen von Wasser und von leichtflüchtigen Bestandteilen, Abtrennen einer Teerfraktion und Destillieren des gereinigten Öls, dadurch gekennzeichnet, dass man das Altöl nach dem Entfernen von Wasser und von leichtflüchtigen Bestandteilen und vor dem Abtrennen der Teerfraktion mit Alkali behandelt und die Teerfraktion beim Destillieren des Öls abtrennt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man mit wässrigem, vorzugsweise gelöstem, Alkali behandelt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man mit einem Alkalimetallhydroxyd, -bicarbonat oder -carbonat behandelt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man bei einer Temperatur von 180 bis 300 °C, vorzugsweise 230 bis 260 °C, mit Alkali behandelt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man gleichzeitig mit der Alkalibehandlung eine Gasölfaktion abdestilliert.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man nach der Alkalibehandlung eine Gasölfaktion abdestilliert.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man das Abtrennen der Teerfraktion und die Destillation des Öls in dünner Schicht und unter Vakuum vornimmt.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man die beim Destillieren des Öls entstehenden Öldämpfe mit Wasserdampf behandelt.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man beim Destillieren des Öls mitgerissene, flüssige Teile vor der Kondensation abscheidet.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man beim Destillieren das Öl in zwei Stufen kondensiert.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man beim Destillieren in Mischkondensatoren kondensiert.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man die Öldämpfe beim Destillieren des Öls bei Temperaturen von 10 °C unterhalb der Siedetemperatur der zu gewinnenden Fraktion kondensiert.
13. Destillationsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, mit einem Verdampfer und einem Kondensator für die Öldestillation, dadurch gekennzeichnet, dass sie mindestens zwei aufeinanderfolgende Kondensatoren (15, 17) aufweist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer ein Dünnschichtverdampfer (11) ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass dem Verdampfer für die Öldestillation ein Zwangsumlaufverdampfer für die Gasöldestillation vgeschaltet ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Verdampfer (11) und dem ersten Kondensator (15) ein Flüssigkeitsabscheider (14) angeordnet ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kondensatoren (15, 17) als Mischkondensatoren ausgebildet sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an den letzten Kondensator (17) eine Kühlzelle (19) vorgesehen ist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsabscheider (14) eine Wasser- oder Dampzuleitung aufweist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wiederaufbereitung von Altöl gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und eine Destillationsvorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

5. Der Wiederaufbereitung von Altöl, insbesondere Schmieröl, kommt eine ständig zunehmende, wirtschaftliche und ökologische Bedeutung zu. Es wurden bereits entsprechend viele und grosse Anstrengungen unternommen, um befriedigende Verfahren zur Wiederaufbereitung von Altöl zu entwickeln. Ein solches Verfahren muss bezüglich Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Qualität des wiederaufbereiteten Öls befriedigen. Dabei müssen die mit dem Altöl eine stabile Suspension bildenden Feststoffe abgetrennt und gelöste Verunreinigungen entfernt werden.
15. Die bekannten Verfahren beinhalten immer mehrere Destillationsschritte bis zur Gewinnung des gereinigten Öls, die immer mit weiteren Behandlungsschritten, wie Säurezugeabe, Koagulation, Adsorption und Filtration und gegebenenfalls Behandlung mit metallischem Natrium oder Natriumhydrid zur Enthalogenierung verbunden sind. Diese Arbeitsweisen sind apparativ und bezüglich Energieverbrauch aufwendig und entweder mit voluminösen, ökologisch belastenden Rückständen und/oder mit der Verwendung hochreaktiver, besondere Vorsichtsmaßnahmen erfordern Chemikalien verbunden.
25. Um die Verwendung hochreaktiver Chemikalien und die Entstehung voluminöser Rückstände zu vermeiden, schlägt die DE-OS 30 42 094 ein Verfahren vor, bei dem Altöl nach Durchlaufen eines Sedimentationsbeckens, in dem grobe Verunreinigungen und ein Teil des vorhandenen Wassers abgeschieden werden, zur Entfernung von sauren Ölkörpern und Additivresten bei 120 bis 150 °C mit Alkalilauge behandelt, in einer ersten Dünnschichtdestillation von weiterem Wasser und von flüchtigen Komponenten befreit, in einer zweiten Dünnschichtdestillation die Suspension zerstört und das erhaltene Kondensat, welches noch mitgeschleppte feste suspendierte Teile enthält, einer dritten Dünnschichtdestillation der eigentlichen Wiederraffination zur Gewinnung des gereinigten Öls zugeführt wird. Dieses bekannte Verfahren erfordert nach Zerstörung der Suspension durch Destillation einen weiteren Destillationsschritt zur Gewinnung eines gereinigten Produktes, was sowohl apparativ als auch von der Energiebilanz her sehr aufwendig ist. Außerdem vermag das gewonnene gereinigte Öl bezüglich Reinheit, insbesondere bezüglich Geruch und Farbe, nicht voll zu befriedigen, so dass seiner Verwendung Grenzen gesetzt sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren der oben genannten Art vorzuschlagen, das wirtschaftlich in der Ausführung ist und ein einwandfreies regeneriertes Öl als Produkt liefert.

Die gestellte Aufgabe wird erfahrungsgemäß durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruches 1 gelöst:

Durch die erfahrungsgemäße Reihenfolge der Verfahrensschritte, d.h. durch die Alkalibehandlung des bereits getrockneten und von leichtflüchtigen Bestandteilen befreiten Altöls, wird die stabile Suspension, die auch gelöste und/oder emulgierte Verunreinigungen enthält, in einen labilen Zustand übergeführt, so dass die suspendierten Feststoffe bei der Destillation des gereinigten Öls vollständig abgetrennt werden und somit ein einziger Schritt zur vollständigen Trennung der suspendierten Feststoffe und zur Gewinnung eines einwandfreien regenerierten Öls genügt.

Es wird angenommen, dass die Alkalibehandlung, zusätzlich zur Neutralisation saurer Komponenten und gegebenenfalls Verseifung verseifbarer Verunreinigungen, gleichzeitig infolge der vorherigen Entfernung der als eine Art Schutzkolloid wirksamen flüchtigen Bestandteile, eine Änderung im Grenzflächenbereich der suspendierten Teilchen herbeiführt. Diese Änderung erlaubt das Abscheiden der suspendierten

Teile gleichzeitig mit dem Abdestillieren des von festen Teilchen bereits hier vollständig befreiten Suspensionsmediums Ols, wodurch auch die gelösten, z.B. verseiften, Verunreinigungen in der Teerfraktion zurückbleiben. Mit anderen Worten ermöglicht die erfundungsgemäße, auf die Entfernung von Wasser und flüchtigen Bestandteilen folgende, Alkalibehandlung das Abtrennen von festen und gelösten Verunreinigungen und die Gewinnung eines einwandfreien Öls in einem einzigen Destillationsschritt ohne der Enddestillation vorhergehende getrennte Suspensionszerstörung.

Die Alkalibehandlung wird im allgemeinen bei 180 bis 300°C, vorzugsweise 230 bis 260°C, in einem geschlossenen Reaktor mit wässrigem Alkali durchgeführt. Höhere Behandlungstemperaturen innerhalb des genannten Bereiches ergeben im allgemeinen eine kleinere Säurezahl und einen niedrigeren Chloridgehalt im gereinigten Öl. Als Alkalien werden die wasserlöslichen Alkalimetallhydroxyde, -bicarbonate, -carbonate und -alkoholate bevorzugt, obwohl auch nichtlösliche und schwachlösliche Verbindungen von Erdalkalien verwendet werden können.

Die Alkalibehandlung kann auch gleichzeitig mit der Gasöldestillation erfolgen, z.B. durch Alkalizugabe vor der Zirkulationspumpe eines Zwangsumlaufverdampfers für die Gasöldestillation.

Nach der Alkalibehandlung wird das Altöl vorzugsweise einer Gasöldestillationsstufe zugeführt und gelangt dann im allgemeinen über eine Entspannungsventil in einen Verdampfer, vorzugsweise Dünnschichtverdampfer, wie Fall- oder Steigfilmverdampfer, der im Gleich- oder Gegenstrombetrieb arbeitet, aus dem ein pech- oder teerartiger Rückstand, enthaltend die im Altöl suspendierten Teilchen und weitere von diesen Teilchen mitgerissen und/oder nicht destillierbare Verunreinigungen, abgezogen wird. Dieser Rückstand kann als Teersatz, z.B. im Straßenbau, verwendet werden.

Der die reinen Öldämpfe und leichtflüchtige Bestandteile enthaltende Brüden wird zur Abscheidung von gegebenenfalls mitgeföhrt flüssigen Teilen einem Flüssigkeitsabscheider zugeführt, wo er gleichzeitig mit Stripp- oder Streichdampf oder flüssigem Wasser, das bei den gegebenen Temperaturen sofort verdampft, behandelt werden kann. Durch die Dampfbehandlung wird sowohl die Farbe des regenerierten Öls verbessert als auch Substanzen, die eine Geruchsbelästigung verursachen, entfernt. Interessanterweise ist nach der Dampfbehandlung auch der Phosphorgehalt des gereinigten Öls vermindert. Es wird vermutet, dass dieses unerwartete Ergebnis mit Trockendampf durch die vorangehende Alkalibehandlung ermöglicht wird. Ausser den bekannten Einrichtungen für die Flüssigkeitsabscheidung kann auch ein entsprechend ausgestalteter Abschnitt der Brüdenleitung diese Funktion übernehmen.

Die reinen Öldämpfe werden nach der Dampfbehandlung vorzugsweise stufenweise kondensiert, wobei als erste die höchstsiedende Fraktion und in jeder weiteren Stufe eine immer niedriger siedende Fraktion erhalten wird. Die stufenweise Kondensation stellt eine Umkehrung der fraktionierten Destillation dar, bei der die Trennung der Fraktionen durch mehrere aufeinanderfolgende Kondensationsschritte anstelle mehrerer aufeinanderfolgender Verdampfungsschritte erfolgt. Die fraktionierte Kondensation ist gegenüber der fraktionierten Destillation nicht nur energiesparender, sondern hat, wenn sie bei hohen Temperaturen ausgeführt wird, den zusätzlichen grossen Vorteil, dass niedrig siedende Verunreinigungen nicht mit der niedrig siedenden Ölfraktion kondensieren und letztere verunreinigen können, sondern nach der Kondensation der niedrig siedenden Ölfraktion getrennt in einer Kühlzelle aufgefangen werden können.

Die Erfindung wird nun anhand der Figur veranschaulicht, die schematisch eine Apparatur für die Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens zeigt.

Homogenisiertes und von groben Verunreinigungen

befreites Altöl wird einem Umlaufverdampfer I zugeführt, wo es von Wasser und leichtflüchtigen Bestandteilen, d.h. Benzin und Lösungsmitteln, befreit wird. Der Umlaufverdampfer I arbeitet bei Normaldruck oder leichtem Unterdruck, und die

5 Produktentemperatur beträgt am Verdampferaustritt 2, 140 bis 180°C, was einem Restwassergehalt von <0,1% entspricht. Letzterer ist für die nachfolgende Alkalibehandlung vorteilhaft, da bei niedrigerem Wassergehalt weniger Schaumbildung beobachtet wird. Die Dämpfe werden aus 10 dem Verdampferaustritt 2 einer Trennkolonne 3 zugeführt, wo sie in Fraktionen mit unterschiedlichem Siedebereich aufgetrennt werden. Das Destillat 5 kann nach dem Kondensator 4 in einem Dekantiergefäß in eine schwere wässrige und eine leichte organische Phase getrennt werden.

15 Das von Wasser und leichtflüchtigen Bestandteilen befreite Altöl wird einem beheizten Reaktor 6 zugeleitet, wo es bei einer Temperatur von 180 bis 300°C, vorzugsweise 230 bis 260°C, aus einem Vorratsbehälter 7 mit Alkali, z.B. 50% NaOH, versetzt wird. In Abhängigkeit von der Qualität des 20 Altöls und auf letzteres bezogen, werden 0,2 bis 5% NaOH (trocken) verwendet. Das Aufheizen des Altöls auf die Reaktionstemperatur kann in einem vorgeschalteten Wärmeaustauscher durch bereits behandeltes Altöl oder im Reaktor 6 selber erfolgen. Die Verweilzeit im Reaktor 6 beträgt etwa 1 25 bis 5 Minuten.

Das mit Alkali behandelte Altöl gelangt aus dem Reaktor 6 in einen weiteren Umlaufverdampfer 8, wo bei einem mittleren Unterdruck von 5·10<sup>-3</sup> bis 5·10<sup>-4</sup> Pa und etwa 330°C eine Gasölfraction 9 abdestilliert wird. Die für diese Destillation erforderliche Temperatur wird vorteilhaft durch Kühlen nach der Alkalibehandlung und Erwärmung im Umlaufverdampfer 8 eingestellt. Ein zum Kühlen eingesetzter Wärmeaustauscher kann gleichzeitig zum Vorwärmern des Altöls vor der Alkalibehandlung dienen. Eine Fraktionierkolonne 10 ermöglicht 35 das Abtrennen einer Gasölfraction mit einem gewünschten Flammpunkt und mit einer gewünschten Viskosität.

Das vom Gasöl befreite Altöl wird in einem Dünnschichtverdampfer 11 einer Vakuumtotaldestillation unterworfen. Der Dünnschichtverdampfer 11 kann statisch oder mechanisch vertrieben werden und ein Fallfilm- oder Steigfilmverdampfer sein. Durch die Vakuumdestillation, die hier im Gegenstrom bei einer Heiztemperatur von 350 bis 380°C bei 10<sup>2</sup> bis 5·10<sup>2</sup> Pa ausgeführt wird, wird die Altölsuspension in Bodenprodukt 13 oder Teerfraktion 13 und in eine dampfför 45 mige Schmierölfraction aufgeteilt. Das Bodenprodukt 13 wird bei etwa 300°C abgezogen und kann als Teersatz verwendet werden.

Die Dämpfe gelangen vom Brüdenkopf 12 mit einer Temperatur von etwa 270°C in einen Flüssigkeitsabscheider 14, wo mitgerissene Tröpfchen abgeschieden und erneut dem Dünnschichtverdampfer 11 zugeführt werden.

Bei der dargestellten Ausführungsform erfolgt die Zuspeisung der Altölsuspension aus der Gasöldestillation in den Flüssigkeitsabscheider 14, von wo sie zusammen mit der 55 abgeschiedenen Flüssigkeit in den Dünnschichtverdampfer 11 geführt wird. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass leichtflüchtige Bestandteile schon im Flüssigkeitsabscheider 14 verdampfen können. Selbstverständlich kann die Altölsuspension auch direkt in den Dünnschichtverdampfer 11 einge 60 speist werden.

Im Flüssigkeitsabscheider 14 werden die Dämpfe vorzugsweise einer Streich- oder Strippdampfbehandlung unterworfen, wodurch Farbe und Geruch der späteren Kondensate verbessert und ihr Gehalt an Phosphor vermindert wird.

65 Die von flüssigen Teilen befreiten Dämpfe gelangen dann in einen ersten Mischkondensator 15, wo sie mit über einen Wärmeaustauscher im Kreislauf geführten Kondensat mit einer Temperatur, die etwa 10°C unterhalb des Siedepunktes der gewünschten Kondensatsfraktion liegt, kondensiert und als erste schwere Ölfraktion 16 abgezogen werden. Ein weite-

Der anschliessender Mischkondensator 17 wird auf die gleiche Weise, jedoch bei niedrigerer Temperatur, betrieben und liefert eine zweite leichtere Ölfraktion 18. Infolge der starken Turbulenz in den Mischkondensatoren 15 und 17 wird ein guter Wirkungsgrad erzielt und eine an den Kühlflächen anderer Kondensatoren beobachtete Entmischung und Ablagerung vermieden. Die den zweiten Kondensator 17 verlassenden Dämpfe haben noch eine Temperatur von etwa 200°C und enthalten geringe Mengen leichtflüchtiger Substanzen, die in einer Kühlzelle 19 aufgefangen werden, so dass keine Verunreinigungen zur Vakuumpumpe gelangen können.

Durch die Verwendung eines zweistufigen Mischkondensationsystems, dessen Stufen nur knapp unterhalb des Siedepunktes der jeweiligen Kondensatfraktion arbeiten, kann sowohl das Mengenverhältnis der beiden Ölfraktionen als auch deren Siedepunkt innerhalb weiterer Grenzen variiert werden, wobei diese beiden Werte praktisch unabhängig voneinander eingestellt werden können.

Die nachfolgende Tabelle zeigt Analysenresultate von nach dem erfundungsgemässen Verfahren wiederaufbereitetem Ölen.

Tabelle

| Analyse                         | 0     | 1      | 2      | 3     | 4     | 5     | 6    | 7    | 8     | 9    | 10   | 11  |
|---------------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-----|
| Farbe (ASTM D 1500)             | >10   | 2      | 1,5    | 1,5   | 6,5   | 1,0   | 4,5  | 2,0  | 6     | 4    | 2    | -   |
| Flammpunkt (ASTM D 92/93) °C    | 183   | 110    | 108    | 167   | 218   | -     | 193  | 226  | 236   | -    | 223  | -   |
| Viskosität (ASTM D 445)         |       |        |        |       |       |       |      |      |       |      |      |     |
| 40°C mm²/s                      | 52,1  | *13,71 | *9,97  | 13,33 | 32,6  | 15,2  | 24,1 | 30,7 | 52,6  | 82,4 | 33,1 | -   |
| 100°C mm²/s                     | 8,65  | -      | -      | 3,09  | 5,39  | 3,36  | 4,49 | 5,2  | 7,32  | 9,69 | 5,49 | -   |
| Viskositätsindex (ASTM D 2270)  | 143   | -      | -      | 84    | 98    | 87    | 95   | 98   | 98    | 95   | 101  | -   |
| Total Acid Number (ASTM D 664)  | 1,52  | -      | -      | 0,03  | 0,69  | 0,04  | 0,06 | 0,03 | 0,12  | 0,01 | 0,02 | -   |
| mgKOH/g                         |       |        |        |       |       |       |      |      |       |      |      |     |
| Total Base Number (ASTM D 2896) | 2,98  | -      | -      | 0,21  | 0,24  | 0,19  | 0,41 | 0,25 | 0,26  | 0,61 | 0,23 | -   |
| mgKOH/g                         |       |        |        |       |       |       |      |      |       |      |      |     |
| Oxidasgehalt (ASTM D 482)       | 0,66  | <0,001 | <0,001 | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 8   |
| g/100 g                         |       |        |        |       |       |       |      |      |       |      |      |     |
| Pour Point (ASTM D 97) °C       | -33   | -      | -      | -     | -6    | -18   | -6   | -3   | -6    | -6   | -6   | -   |
| Dichte bei 15°C kg/m³           | 0,888 | 865    | 857    | -     | 877   | 868   | 873  | 875  | 880   | 885  | 875  | -   |
| Alterungsverhalten (DIN 51352)  | -     | -      | -      | -     | 0,53  | -     | -    | 0,43 | 0,58  | -    | 0,27 | -   |
| g/100 g                         |       |        |        |       |       |       |      |      |       |      |      |     |
| Schwefelgehalt g/100 g          | 0,72  | 0,65   | 0,45   | 0,42  | 0,53  | 0,42  | -    | 0,48 | 0,58  | 0,61 | 0,48 | 1,1 |
| Chlorgehalt g/100 g             | 0,12  | 0,1137 | 0,0468 | 0,045 | 0,033 | 0,007 | 0,01 | 0,01 | 0,017 | nn   | nn   | 0,  |
| Silbergehalt mg/kg              | nn    | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | nr  |
| Aluminiumgehalt mg/kg           | 16    | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 70  |
| Bororgehalt mg/kg               | 23    | ~12    | nn     | nn    | 2     | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 66  |
| Bariumgehalt mg/kg              | 130   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | 0,5  | nn   | nn    | nn   | nn   | 44  |
| Calciumgehalt mg/kg             | 1200  | nn     | 0,4    | nn    | nn    | nn    | 0,4  | nn   | nn    | 0,1  | nn   | 46  |
| Cadmiumgehalt mg/kg             | 3,1   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 8,  |
| Chromgehalt mg/kg               | 4,2   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 17  |
| Kupfergehalt mg/kg              | 32    | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 94  |
| Eisengehalt mg/kg               | 160   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | 1,8  | nn   | nn    | nn   | nn   | 54  |
| Magnesiumgehalt mg/kg           | 170   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 46  |
| Mangangehalt mg/kg              | 3,4   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 10  |
| Molybdängehalt mg/kg            | 2,1   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 7,  |
| Nickelgehalt mg/kg              | 2,8   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 8,  |
| Phosphorgehalt mg/kg            | 730   | 230    | 27     | 22    | 100   | 5,5   | 7,5  | 6,4  | 71    | nn   | 3,6  | 22  |
| Bleiergehalt mg/kg              | 960   | nn     | 0,8    | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 30  |
| Siliciumgehalt mg/kg            | 32    | 11     | nn     | 1,5   | 4,7   | 0,7   | nn   | 1,1  | 4,5   | nn   | nn   | 16  |
| Zinngehalt mg/kg                | 3,9   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 15  |
| Titangehalt mg/kg               | 3,9   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 20  |
| Vanadiumgehalt mg/kg            | 0,4   | nn     | nn     | nn    | nn    | nn    | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 2,  |
| Zinkgehalt mg/kg                | 510   | nn     | nn     | nn    | nn    | 0,9   | nn   | nn   | nn    | nn   | nn   | 3,  |

Die einzelnen Probenummern stehen für:

- 0 Speisung.
- 1 Gasöl, ohne Alkalibehandlung, Kaltkondensation, Pilotplant.
- 2 Gasöl, mit Alkalibehandlung, Heisskondensation, Pilotplant.
- 3 Gasöl, mit Alkalibehandlung, Heisskondensation, dampfbehandelt, Pilotplant.
- 4 Leichte Ölfraktion, ohne Alkalibehandlung, Pilotplant.
- 5 Leichte Ölfraktion, mit Alkalibehandlung, Glasverdampfer.
- 6 Leichte Ölfraktion, mit Alkalibehandlung, Pilotplant.

7 Leichte Ölfraktion, mit Alkalibehandlung, dampfbehandelt, Pilotplant.

8 Schwere Ölfraktion, ohne Alkalibehandlung, Pilotplant.

9 Schwere Ölfraktion, mit Alkalibehandlung, Glasverdampfer.

10 Schwere Ölfraktion, mit Alkalibehandlung, Pilotplant.

11 Teerfraktion, mit Alkalibehandlung, Ölfraktion

Bedeutung der Symbole in der Tabelle:

\* Viskosität bei 20°C gemessen

- nicht bekannt

nn nicht nachweisbar

